

## Dependência direcional do identificador ORTEC – modelo Micro Detective tipo N com 15% de eficiência.

**Arbach, Mayara Nascimento<sup>1</sup>; Karam, Rudnei M.<sup>1</sup>; Cardoso, Domingos D.O.<sup>1</sup>; Sant’anna, Viviane C.<sup>1</sup>; Vellozo, Sergio de O.<sup>1</sup>; Gomes, Renato G. <sup>1</sup>; De Amorim, Aneuri S.<sup>2</sup>; Oliveira, Luciano S. R.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Instituto Militar de Engenharia (IME); <sup>2</sup> Centro Tecnológico do Exército (CTEx)

E-mail: mayaraarach@gmail.com

**Resumo:** Caracterizou-se a resposta direcional do identificador Micro Detective ORTEC, tipo N com 15% de eficiência de detecção, utilizando as fontes de césio (<sup>137</sup>Cs) com atividade de 37,4 kBq e de cobalto (<sup>60</sup>Co) com atividade de 41 kBq, fabricadas em 17/04/2007. O trabalho realizou-se nas distâncias (0,5m, 1,0m, 1,5m e 2,0m) e para os ângulos (0°, 45°, 60° e 90°), adotando-se como valor de referência a medida encontrada no ângulo 0° da distância em avaliação, o mesmo procedimento foi adotado para as demais distâncias ensaiadas neste trabalho. Os resultados obtidos são apresentados nos gráficos 1, 2 e 3.

**Palavra Chave:** Detecção; Dependência Direcional; Valor de Referência.

**Abstract:** It was characterized the directional response of identifier Micro Detective ORTEC, N-type with 15% of detection efficiency by using sources of Cesium (<sup>137</sup>Cs) with activity of 37,4 kBq and Cobalt (<sup>60</sup>Co) with an activity of 41 kBq, manufactured on 04/17/2007. The work took place in distances (0,5m, 1,0m, 1,5m e 2,0m) and for the angles (0°, 45°, 60° e 90°), and the measure found in angle 0° of said evaluation was adopted as reference value; this same procedure was adopted for other distances evaluated in this work. The results achieved are provided in charts 1, 2 and 3.

**Keywords:** Detection; Directional Dependence; Reference Value.

### 1. INTRODUÇÃO

A segurança nuclear e radiológica não é uma preocupação recente. Tudo começou com a consciência de que o material nuclear, estando em mãos erradas, poderia ser utilizado, por exemplo, na fabricação de explosivos nucleares, o que levou a adoção de uma série de medidas

de controle desse material e sua proteção física. Uma ameaça nuclear e radiológica (NR) caracteriza-se essencialmente pela sua imprevisibilidade e potenciais efeitos devastadores e, além do seu efeito adverso para o homem e para o meio ambiente, repercutiria,

também, por seu impacto psicológico e econômico na sociedade. Outra forma de ameaça terrorista, de índole radiológica, é a possível utilização de dispositivos de dispersão de material radioativo (*Radiological Dispersal Device – RDD*), como, por exemplo, as denominadas bombas sujas que consistem na deflagração de um engenho explosivo convencional no qual seriam associadas fisicamente fontes ou materiais radioativos cujos fragmentos se dispersam sob a forma de aerossóis que podem contaminar radiologicamente áreas consideráveis. Em virtude dessa ameaça, faz-se necessária a adoção de procedimentos e protocolos de ação de resposta rápida perante essa situação. As equipes de intervenção e avaliação radiológica que forem atuar na deflagração do incidente devem ser: altamente treinadas na execução desses procedimentos/protocolos e; na detecção e quantificação das doses; identificação de radionúclídeos e na mitigação dos mesmos. O conhecimento prévio da variação de resposta de um detector em função do ângulo de incidência da radiação e da energia incidente, denominadas de dependência direcional ou angular e dependência energética respectivamente, contribuirão, significativamente, no treinamento e na execução de medidas de controle das equipes de intervenção. [3]

## 2. OBJETIVO

Ciente dessa situação e com o objetivo de garantir a segurança nacional, o Governo Brasileiro, através da portaria nº 1787/MD [2], criou a Subcomissão Departamento de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (DQBRN) com a finalidade de coordenar medidas conjuntas das Forças Armadas que visem a aumentar a capacidade de resposta do sistema de defesa do Brasil a ameaças ou desastres que envolvam agentes químicos, biológicos, radiológicos e nucleares. Dentro desse contexto, as atividades referentes ao assessoramento técnico e científico, no âmbito do Exército Brasileiro, são responsabilidade do Instituto Militar de Engenharia (IME) e do Centro Tecnológico do Exército (CTEx). Essas instituições, no atendimento dessas atribuições, criaram equipes de caracterização das respostas do desempenho dos equipamentos existentes ou em aquisição no âmbito do exército brasileiro. O presente trabalho apresenta a caracterização do identificador radiológico e nuclear MICRO DETECTIVE ORTEC - HPGe, no tocante as respostas da dependência direcional e energética e algumas características de resposta do mesmo.

### 3. METODOLOGIA

Com esse objetivo, montou-se o arranjo experimental, apresentado na figura 1, no Laboratório de Detecção e Instrumentação Nuclear (LDIN) nas dependências da Seção de Engenharia Nuclear (SE/7) no IME. Nesta análise não nos preocupamos com o espalhamento no aparato utilizado, pois as mesmas basearam-se na interação de fótons com a matéria devido ao efeito fotoelétrico. O Detector Micro Detetive foi irradiado em diferentes angulações (0°, 45°, 60° e 90°) e distâncias (0,5m, 1,0m, 1,5m e 2,0m), com a finalidade de avaliar a dependência direcional e energética do detector.



Figura 1 – Aparato Experimental montado com as marcações dos ângulos e distancias. (Fonte: Autores)

Iniciou-se o experimento utilizando-se uma fonte de cério ( $^{137}\text{Cs}$ ) com atividade de 37,4 kBq, cuja data de fabricação é 17/04/2007. Por se tratar de uma instituição de ensino, o trabalho foi realizado com fontes de baixa atividade e por

tanto, devido as condições experimentais, as medidas realizadas estavam próximo ao limiar de detecção do equipamento em função da influência da radiação de fundo nas mesmas.

A primeira medida realizada foi o levantamento da radiação de fundo (*background*- denominada BG) da sala.

A seguir posicionou-se a fonte de cério a 0,5m no ângulo 0° Graus (tomado como ponto de referência) e executou-se as seguintes tarefas:

1. Determinou-se o tempo necessário para o detector identificar a fonte posicionada na localização acima citada, vide tabela 1 (Coluna 3 – Tempo de Identificação);
2. Repetiu-se o procedimento acima, para os ângulos e distâncias propostas. O valor obtido para cada ângulo e para cada distancia estão apontados nessa coluna na tabela 1.

Para determinação da dependência direcional, a fonte  $^{137}\text{Cs}$  foi reposicionada no ponto de referência. Ajustou-se o equipamento no modo espectrometria e as demais características operacionais foram mantidas. Na sequência, o detector foi interligado no computador do laboratório e com o auxílio dos softwares MAESTRO versão 7.0 e Gama Vision versão 8.0, utilizados para espectrometria gama, qualificação e quantificação de nuclídeos gama

emissores. Adotou-se a resolução do sistema como, 0,225% considerando a energia do pico de 3,0Kev, sendo a recomendada pelo fabricante, realizou-se então, a obtenção dos dados de análise com as seguintes características de aquisição:

1. Estabeleceu-se o tempo de medidas como sendo o tempo vivo de 300s;
2. Obteve-se o espectro no tempo estabelecido;
3. Marcou-se o centro do fotopico (denominado centroide) e com a resolução estabelecida, demarcou-se uma área de contagem integrada que se iniciava 5 canais antes e terminava com o mesmo número de canais mantido o fotopico no centro e, para fins deste trabalho esta área denominou-se de Área Útil (Área NET).

Dando continuidade ao trabalho, os demais pontos foram obtidos seguindo procedimento abaixo descrito:

1. Mantendo-se as mesmas condições experimentais e operacionais do Micro Detetive utilizadas no ponto de referência, irradiou-se o equipamento nas diferentes angulações (0°, 45°, 60° e 90) e distâncias (0,5m, 1,0m, 1,5m e 2,0m) pré-estabelecidas neste trabalho;

2. Nos pontos acima citados e mantendo-se o centroide e a Área útil estabelecida no ponto referência, os valores obtidos nas diferentes angulações e distâncias estão apresentadas na tabela 1 (Coluna 4 - Área NET);
3. Na coluna 5 (Dependência Angular), o valor expresso representa a relação entre a medida da área na posição relacionada e o valor obtido da Área Útil do ponto de referência.

Para continuação da caracterização do equipamento, dando sequência ao trabalho, determinou-se, então, o tempo de resposta e a dependência angular e direcional, para uma fonte de cobalto ( $^{60}\text{Co}$ ) com atividade de 41 kBq, cuja data de fabricação é 17/04/2007, possui duas energias gama características 1173.228 keV e 1332.492 keV.

Para a realização desta etapa do trabalho, seguindo a mesma metodologia adotada para a fonte  $^{137}\text{Cs}$ , adotou-se como referência a medida de BG realizada na etapa anterior.

Os resultados obtidos são apresentados na tabela 2, para a primeira energia os resultados são apresentados nas colunas 4 (Área NET) e 6 (Dependência Angular), para a segunda energia os resultados são apresentados nas colunas 5 (Área NET) e 7 (Dependência Angular).

#### 4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Seguindo a metodologia, na tabela 1 e 2, estão apresentados os resultados obtidos com as fontes de  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{60}\text{Co}$ , respectivamente.

Tabela 1 – Resultados da dependência direcional obtidas com o Detector Micro Detetive, no setup ilustrado na figura 1. (Fonte: Autores)

Fonte de Césio ( $^{137}\text{Cs}$ )				
Âng.	Dist. (m)	Temp Ident (s)	Área NET (661.657 keV)	Depend. Angular
-90°	0,5	23	112+-15	0,297
	1	116	21+-7	0,785
-60°	0,5	288	24+-5	0,404
	1	868	12+-3	0,892
-45°	0,5	12	103+-14	0,289
	1	86	25+-7	1,392
0°	0,5	26	252+-20	1
	1	90	28+-8	1
45°	0,5	367	12+-5	0,404
	1	1133	1+-3	0,321
60°	0,5	15	102+-14	0,444
	1	178	9+-6	0,750
90°	0,5	539	9+-4	0,408
	1	837	11+-4	0,892

Tabela 2 – Resultados da dependência direcional obtidas com o Detector Micro Detetive, no setup ilustrado na figura 1. (Fonte: Autores)

Fonte de Cobalto ( $^{60}\text{Co}$ )						
Âng.	Dist. (m)	Temp Ident (s)	Área NET (1ª E)	Área NET (2ª E)	Depend. Angular (1ª E)	Depend. Angular (2ª E)
-90°	0,5	36	141+-17	33+-12	0,702	1,636
	1	271	144+-16	56+-12	0,763	0,857
-60°	0,5	75	94+-19	43+-16	1,053	1,255
	1	368	92+-19	45+-16	1,195	1,066
-45°	0,5	84	144+-20	61+-16	0,868	0,855

	1	409	111+-20	57+-11	0,990	0,842
0°	0,5	40	99+-21	54+-12	1	1
	1	211	110+-21	48+-16	1	1
45°	0,5	50	119+-16	39+-11	0,831	1,384
	1	182	107+-16	61+-11	1,028	0,786
60°	0,5	34	135+-18	57+-11	0,733	0,947
	1	282	123+-17	83+-12	0,894	0,578
90°	0,5	47	148+-17	36+-10	0,668	1,5
	1	309	110+-16	51+-12	1	0,941

A resolução do equipamento não se encontrava no manual do fabricante, após consulta ao representante da ORTEC no Brasil, fomos informados que ela é menor que 3.0 keV para a de energia de 1.33 MeV, informou ainda, que por trata-se de um identificador, a resolução do equipamento é maior do que a dos demais sistemas similares da ORTEC. O tempo de amostragem adotado foi de 300s, para todos as distancias e ângulos de irradiação avaliados neste trabalho.

Da análise dos resultados apresentados nas tabelas 1 e 2, plotou-se os gráficos polares mostrando a variação da eficiência relativa do detector Micro Detetive para as diferentes angulações e distancias fonte-detector. No gráfico 1, é apresentado a dependência direcional obtida com a com fonte de  $^{137}\text{Cs}$ . Nos gráficos 2 e 3, são apresentados a dependência direcional obtida com a fonte de  $^{60}\text{Co}$  para as

energias 1173.228 keV e 1332.492 keV, respectivamente.

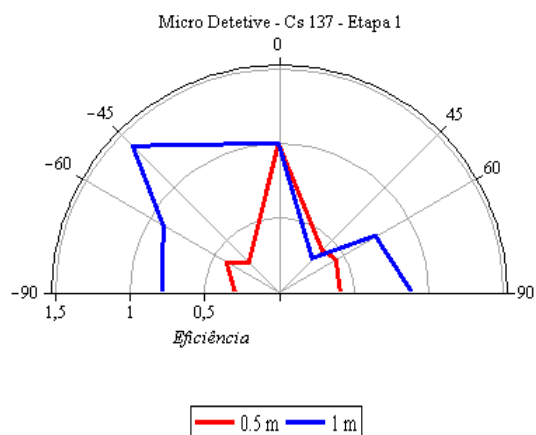


Gráfico 1 – Dependência Direcional utilizando a fonte de  $^{137}\text{Cs}$  obtidas com o Detector Micro Detetive, no *setup* ilustrado na figura 1. (Fonte: Autores)

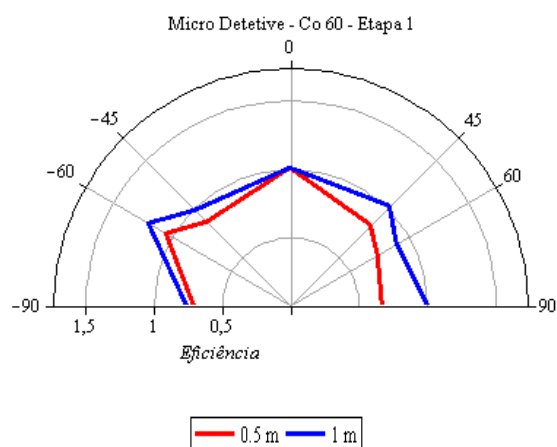


Gráfico 2 – Dependência Direcional utilizando a fonte de  $^{60}\text{Co}$  (maior energia) obtidas com o Detector Micro Detetive, no *setup* ilustrado na figura 1. (Fonte: Autores)

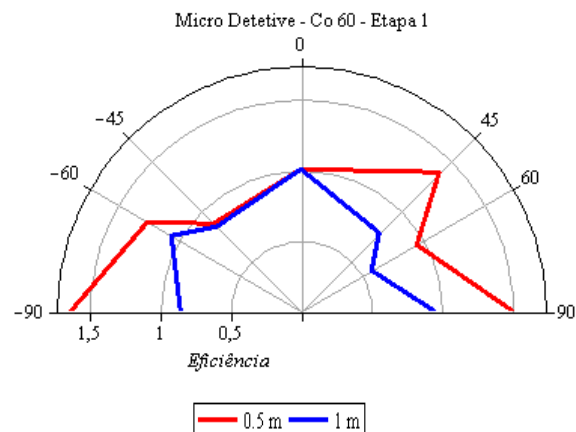


Gráfico 3 – Dependência Direcional utilizando a fonte de  $^{60}\text{Co}$  (menor energia) obtidas com o Detector Micro Detetive, no *setup* ilustrado na figura 1. (Fonte: Autores)

De acordo com os resultados dos gráficos 1, 2 e 3, conclui-se que:

- O conhecimento da dependência angular deve ser repassado para a equipe de resposta do sistema de defesa do Brasil, no treinamento, de forma a otimizar o uso dos equipamentos empregados nessa tarefa;
- O tempo de resposta adotado nesse trabalho, 300 segundos, baseou-se na observação do tempo médio gasto por um espectador, quando de seu ingresso num estádio ou arena esportiva para assistir esse evento. Esse tempo médio foi observado durante a realização dos seguintes eventos: Copa das Confederações, Copa do Mundo e nos Jogos Olímpicos Militares;

- Em função do *layout* de construção do equipamento, envolvendo um detector Geiger, Germânio HPGe e Nêutrons, conforme figura 2, era esperado obter-se uma variação de resposta à radiação ionizante em função do ângulo de incidência e da distância;

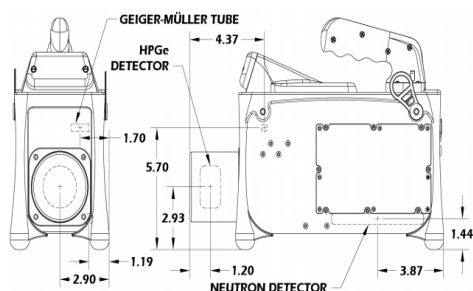


Figura 2 – Localização dos detectores Germânio HPGe, Geiger Muller e Nêutrons no Micro Detetive (todas as medidas em polegadas) [1].

- Por tratar-se de um laboratório de ensino, em função da segurança radiológica, não era possível trabalhar-se com taxa de dose acima  $5\mu\text{Sv/h}$  à 1m, trabalhou-se, então, com taxa de dose da ordem de  $0,5\mu\text{Sv/h}$  à 1m. Em decorrência disso e devido às distâncias fonte-detector simuladas e dos ângulos de incidência avaliados, as medidas foram realizadas próximo ao limiar de detecção do equipamento;
- Ao realizarmos o estudo proposto, com as condições limitantes acima apresentadas,

evidenciou-se a importância e a influência da radiação de fundo nos resultados aqui apresentados. Em situações de campo essa ocorrência seria tratada como sendo do falso positivo. Lembrando o contexto “as atividades referentes ao assessoramento técnico científico, no âmbito do Exército Brasileiro, são responsabilidade do Instituto Militar de Engenharia (IME) e do Centro Tecnológico do Exército (CTEx), essa característica de resposta será repassada para as equipes de atuação em campo;

- Quanto a dependência energética realizamos medidas com as fontes de  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{60}\text{Co}$ , as disponíveis no laboratório de ensino, não podemos então, realizar as medidas de caracterização de dependência energética do equipamento.
- Para fins deste trabalho e para melhor conhecimento da resposta do equipamento, fez-se a seguinte análise: inicialmente, tanto para a fonte de  $^{137}\text{Cs}$  quanto para a fonte de  $^{60}\text{Co}$ , adotou-se como valor de referência as contagens obtidas na distância de 0,5m no ângulo de incidência  $0^\circ$ . Em seguida, considerando o inverso do quadrado da distância, esse valor foi corrigido matematicamente para a distância de 1,0m, o resultado desta

correção foi denominado valor esperado. Em seguida fez-se a razão entre a contagem obtida experimentalmente a 1,0m de distância no ângulo de incidência 0° pelo valor esperado, o resultado dessa razão denominamos eficiência relativa. Encontrou-se então os seguintes resultados: para a fonte de <sup>137</sup>Cs a eficiência relativa foi de 44%; para a fonte de <sup>60</sup>Co na energia de 1173.228 keV a eficiência relativa foi de 444% enquanto para a energia 1332.492 keV foi de 355%. Evidenciando assim, mais uma vez, a influência da radiação de fundo nos resultados apresentados;

- Na tabela 3 são apresentados os valores de eficiência de detecção obtidos a 0,5m e a 1,0m de distância da fonte para as energias gama emitidas pelas fontes de <sup>137</sup>Cs e <sup>60</sup>Co.

Tabela 3 – Eficiência detecção a 0,5m e a 1,0m de distância da fonte. (Fonte: Autores)

Fonte	Eficiência de Detecção a 0,5m	Eficiência de Detecção a 1,0m
<sup>137</sup> Cs (661.657 keV)	0,8%	0,00935%
<sup>60</sup> Co (1173.228 keV)	0,8%	0,9%
<sup>60</sup> Co (1332.492 keV)	0,4%	0,4%

- Para melhor caracterização da resposta deste equipamento, medidas

complementares serão realizadas no Laboratório de Espectrometria no CTEEx, para tal serão utilizadas fontes com taxa de dose de 1mSv/h. Devido a exiguidade de tempo, as medidas não foram finalizadas a tempo de serem apresentadas neste trabalho;

- Agradecemos ao representante da ORTEC (Alexandre Szpigel) o empréstimo do equipamento na utilização dessa caracterização.

## 5. REFERÊNCIAS

1. AMT, Ametek Advanced Measurement Technology. Manual Micro-Detective. ORTEC. USA,2012.
2. BRASIL, Portaria n.º 1787/MD, de 03 de julho de 2012. Criação da Subcomissão Departamento de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (DQBRN). Diário Oficial da União, 13 julho. 2012, Seção II.
3. MARQUES, Luís Miguel Cabeça. Estudo comparativo de detectores de HPGe, NaI(Tl), CdZnTe para aplicações em segurança e para resposta a ameaças nucleares e radiológicas. 2011. 171f. Tese (Mestrado em Engenharia Física) – Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa. 2011.





3º Congresso Brasileiro de Metrologia das Radiações Ionizantes

---

Rio de Janeiro/ RJ, novembro 2016